

インターネットを利用した最低気温予報システムの構築

—予報ウェブページの設計—

三島拓也* 三浦健志* 諸泉利嗣*

Building of minimum air temperature forecast system using the Internet —Design of the forecast website—

Takuya MISHIMA *, Takeshi MIURA * and Toshitsugu MOROIZUMI *

The purpose of this study is to build a forecast system for predicting at minimum air temperature in the next morning from the meteorological data, such as air temperature, humidity, and the amount of solar radiation, in a field in the evening on the previous day. The meteorological data are sent to a relay server, and then, transferred to a PC in our laboratory of Okayama University by executing the computer program to import the data which are used to calculate the predicted values of minimum air temperature. The predicted minimum air temperatures are released for the farmers on the website in the server of Okayama University. The website is also created by our laboratory. As a result, the predicted minimum air temperatures agreed with the measured ones.

Key words: *Minimum air temperature, prediction, internet, frozen disaster*

1 はじめに

研究対象地域の新見市では、ぶどう園がカルスト台地上に点在しており、立地上、凍霜害にあう危険性が高い。夕方の時点で翌朝の最低気温を予測できれば、その対策を講じる時間的余裕が生まれる。本研究では、気温、湿度、日射量等の現地での実測気象データを基に、翌朝の最低気温を予測し、その結果をインターネット配信する予報システムを構築した。ここではそのシステムの概要と 2012 年より試験的に公開しているウェブページについて解説し、本

システムによる予報がどの程度的確であるかを 2014 年 3 月の実績から見てみる。

現在インターネット等 IT 技術の発展は目覚ましく、農業分野においても必要不可欠な存在になりつつある。さらにスマートフォンの普及により手軽に種々のウェブサイトアクセスでき、現場に必要な情報を、現場で入手することが可能となった。

本研究は、従来の研究で得られた知見・情報を、農業生産の場に還元しようとするもので、微気象・局地気象の研究成果（たとえば鈴木 義則ら 1982, 近藤純正ら 1982, 高山 成ら 1999）の現場への応用でもある。

*岡山大学大学院 環境生命科学研究科

2 対象地域の概要

対象地域 (**Fig.1**) は岡山県新見市豊永赤馬にあり, ドリーネ最深部の標高約 420m から標高約 470m までの斜面に果樹園が広がっている. ドリーネという地形上, 冷気により下流へ流出せず溜まり易いという特徴がある. 果樹は特産のピオーネを中心としたブドウが栽培されている.

新見市では, 「ラストワンマイル」というかけ声のもと, 全戸を光ファイバーで結ぶ高速情報通信網の整備が進められ, 一般家庭がインターネットを利用しやすい環境にある. なお, 対象地域は岡山県営備北地区畑地帯総合土地改良事業で整備された大佐ダムの受益地にある.

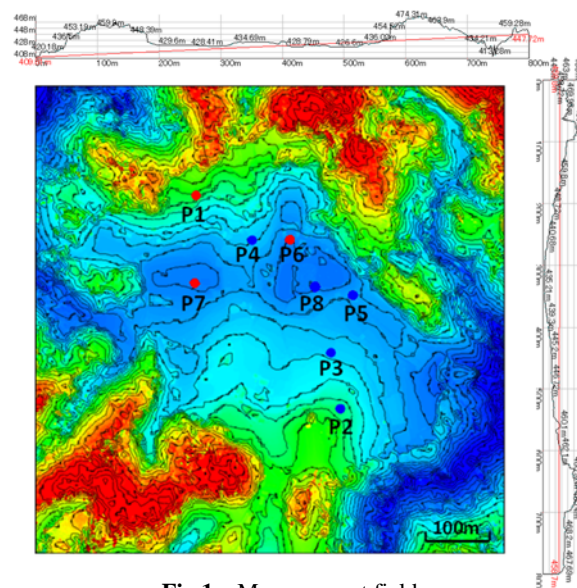


Fig.1 Measurement field

3 予報システムの構成

予報システムは, **Fig.2** に示すように, 気象観測装置, データ中継用サーバー, 研究室パソコン, 予報公開用サーバーからなる. 気象観測装置は **Fig.1** の P5 地点に設置している. データ中継用サーバーは C 社のものを, 予報公開用サーバーには岡山大学サーバーホスティングサービスを利用している. **Fig.1** の他の地点では気温と相対湿度 (青点) や気温のみ (青点) を計測している.

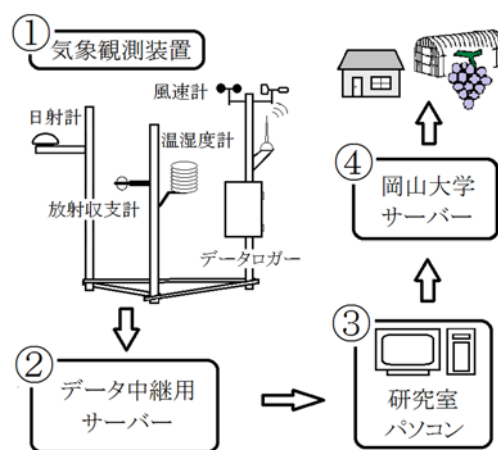


Fig.2 Forecast system

4 気象観測装置とデータ処理内容

気象観測装置では気温 (高度 1.5m), 相対湿度, 有効放射量 (高度 1.3m), 日射量 (高度 1.35m), 風向・風速 (高度 2.0m) を計測している. 使用している機器はそれぞれ, 温湿度計が Campbell HMP50 (自然通風), 放射収支計が REBS Q-7, 日射計が Hukseflux CHF-LP02, 風向・風速計が YOUNG CYG-3002, データロガーが Campbell CR1000 を用いている.

データロガー CR1000 は専用プログラム言語 CR Basic で動作している. 計測気象要素と計測インターバルは気温と相対湿度が 1 秒間隔で, 日射と有効放射量が 10 秒間隔で, 風向風速が 0.25 秒間隔である. その値を 1 分間値, 10 分間値, 1 時間値, 24 時間値に換算し, それぞれデータファイル (拡張子 .dat) として保存している. また, それとは別にロガーの電源状況, 管理情報などの補助データも保存している. それらのファイルを 1 時間毎にデータ中継用サ

ーバーに CDMA 通信を利用してアップロードしている.

CDMA 通信 (Code Division Multiple Access) とは, 符号分割多元接続と訳され, 携帯電話などでよく利用されている. 本システムは KDDI 通信回線を利用しており, KDDI 携帯電話がつながる範囲であればどこでもデータの送信が可能である.

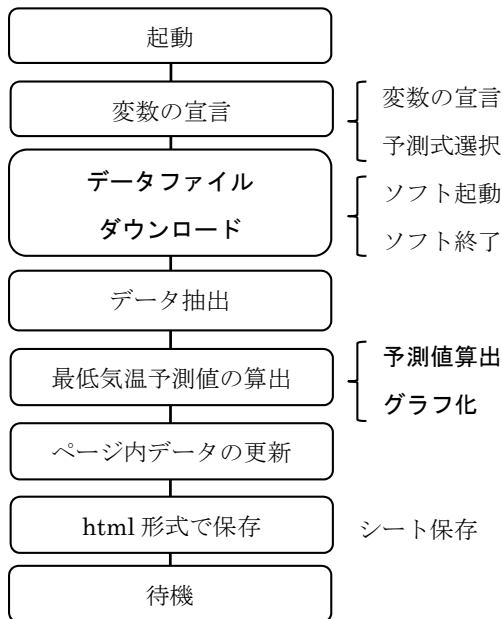
Table 1 に各ファイル内容, データ種別等の詳細を記述する. ちなみにサーバーに送られたデータはサーバー内で Excel の csv ファイルに変換されている.

5 研究室のパソコンでの処理内容

研究室のパソコンは, Visual Basic for Applications (VBA) というプログラム言語で動作させている.

Table 1 Contents of meteorological data

ファイル名 TBL101.dat	ファイル名 TBL124.dat
1. 時刻	1. 時刻
2. レコード番号	2. レコード番号
3. 気温 (瞬時値)	3. 日平均風速
4. 湿度 (瞬時値)	4. 日平均風向
5. 日射 (瞬時値)	5. 最大風速
6. 放射収支計の出力電圧値	6. 最大風速の起時
ファイル名 TBL110.dat	7. 最大風速の風向
1. 時刻	8. 最大瞬間風速
2. レコード番号	9. 最大瞬間風速の起時
3. 前 10 分間の平均風速	10. 最大瞬間風速の風向
4. 前 10 分間の平均風向	11. 日平均気温
ファイル名 TBL160.dat	12. 日最高气温
1. 時刻	13. 日最高气温の起時
2. レコード番号	14. 日最低气温
3. 正時前 10 分間の平均風速	15. 日最低气温の起時
4. 正時前 10 分間の平均風向	16. 日平均湿度
5. 1 時間の平均風速	17. 日最高湿度
6. 1 時間の平均風向	18. 日最高湿度の起時
7. 正時前 10 秒間の平均気温	19. 日最低湿度
8. 正時前 10 秒間の平均湿度	20. 日最低湿度の起時
9. 1 時間の積算日射量	21. 日積算日射量
10. ロガー内部温度 (瞬時値)	
11. ロガー電源電圧 (瞬時値)	

**Fig.3** VBA program flow chart

5.1 VBA プログラム概要

VBA のプログラムは **Fig.3** のような流れである。実際のコードは 490 行からなり、そのなかで重要だと考えられるデータファイルダウンロード、予測値算出、グラフ化の箇所について次節に記載する。

データのダウンロードソフトには観測システム付属のもの、アップロードはフリーソフトである WinSCP を使用しており、VBA の制御外である。

5.2 VBA コード内容

5.2.1 データファイルのダウンロード

① ftp = Shell("C:\ProgramFiles\prjFTP\FTPget.exe")

② Application.Wait Now+TimeValue("0:02:00")

③ AppActivate (ftp)

④ Application.Wait Now+TimeValue("0:00:01")

⑤ SendKeys "{F4}"

①……データ回収ソフトの起動

②……ダウンロードが終わるまで待機

③④…ソフトを選択し、選択処理が終了するまで待機

⑤……Alt+F4 キー*を送り、ソフト終了

*Alt+F4 : Windows で使えるショートカットキー。選択しているウィンドウを閉じる。

5.2.2 予測値の算出

TBL160 データをコピーしているシートを選択しており、変数はそれぞれ ptime=予測する時刻、yy=予測式が入っている。

① Range("\$A\$1:\$L\$750").AutoFilter Field:=12, Criteria1: _

= "=" & ptime & ":00", Operator:=xlAnd

② Range("G1048576").End(xlUp).Copy _

Destination:=Range("M1")

③ Range("H1048576").End(xlUp).Copy _

Destination:=Range("N1")

④ Range("I1048576").End(xlUp).Copy _

Destination:=Range("O1")

⑤ Range("P1") = yy

⑥ Range("Q1") = "=RC[-4]-RC[-1]"

⑦ predic = Range("Q1").Value

⑧ ActiveSheet.AutoFilterMode = False

①……予測時刻を条件に、データにフィルターを掛ける。

②③④…予測時刻のうち、最新の日付のデータを選び、別のセルにコピー。

⑤……予測式を書き、予測低下量を計算。

⑥……低下量を予測最低気温に直す。

⑦……予測最低気温値を変数に代入。

⑧……フィルターを解除。

5.2.3 予測結果のグラフ化

① With Sheets("Sheet8").ChartObjects.Add(25, 180, 730, 216).Chart

.Parent.Name = "メイングラフ"

```
.Parent.Top = Range("A11").Top
.Parent.Left = Range("A7").Left
.ChartType = xlLine
.HasLegend = False
.SetSourceData Source:=Sheets("Sheet6")_
.Range("$H$2:$I$3302")
.SeriesCollection(1).XValues=Sheets("Sheet6")_
.Range("$G$2:$G$3302")
```

② With .Axes(xlCategory, xlPrimary)

```
.HasTitle = True
.AxisTitle.text = day2 & " 日 _
" & " " & day & " 日 _
" & " " & day3 & " 日"
```

End With

End With

- ①…Sheet8 に指定の大きさでグラフを作成する. With
～End With で囲まれた部分でグラフの要素を定義する.

.Parent.Name : グラフの名前を定義する.

.Parent Top : 上辺の高さ位置を定める.

.ChartType : 折れ線グラフを使用する.

.HasLegend : 凡例の削除

.SetSourceData : データ系列値の定義

.SeriesCollection(1).XValues : x 軸の値の定義

- ②…グラフ中の横軸について詳細を定義する.

.HasTitle : タイトルを挿入

.AxisTitle.text : タイトルのテキストを定める

6 ウェブページ構成

作成されたウェブページは以下のような内容, 構成でインターネット上にアップロードされる. この内, インデックスページを除くページを VBA プログラムによって作成している.

インデックスページ (Fig.4)

- └ 最低気温予測ページ (Fig.5)
- └ 地点別最低気温予測ページ (Fig.6)
- └ 測定データ表示ページ 1 (Fig.7)
 - └ 測定データ表示ページ 2
 - └ 測定データ表示ページ 3

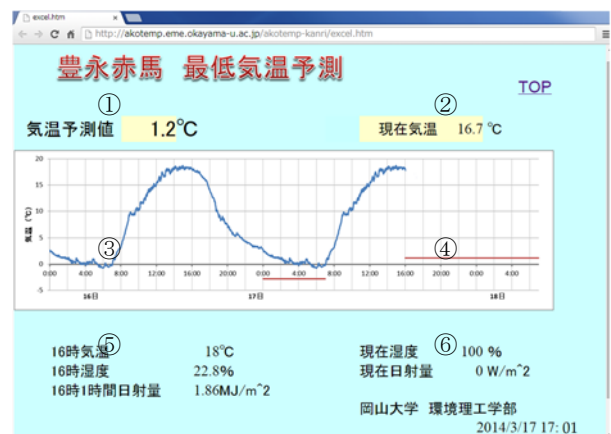
Fig.5 が最低気温予測ページで本ホームページのメインページである. 3 日分の気温の推移のグラフ中に予想最低気温が赤線で表示されている. また, 前日の予測値も表示されているため, 予測の精度が確認できる.

ドリーネ内では場所により標高の違いから最低気温に差が生じており, 標高と最低気温との関係式(井上ら, 2011)を用いて, P5 地点での予測値から他地点の最低気温を推定した. その結果を示したのが Fig.6 の地点別最低気温予測ページである.

Fig.7 は当日の測定データをグラフ化して表示したページである. 測定データ表示ページ 2, 3 は先月, 今月の月間データをまとめたページであり, Fig.7 の当日データのページとほぼ同じ構成のため説明は割愛する.



Fig.4 Index page of website



- ① 予想される最低気温値, ② 現在の気温値, ③ 前日からの気温推移, ④ 予想される最低気温, ⑤ 予測時刻の気象データ, ⑥ 現在の気象データ

Fig.5 Page of predicted minimum air temperature prediction page



①各地点の予測値, ②更新時刻, ③標高値

Fig.6 Page of predicted values at measurement locations

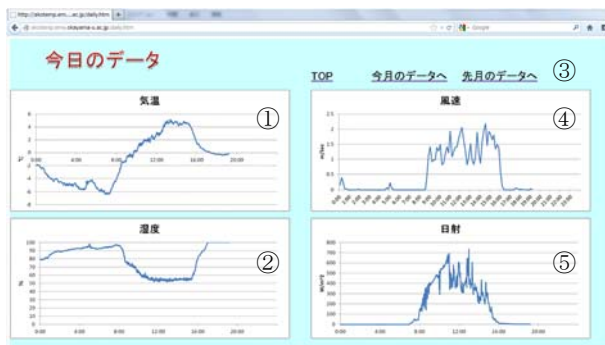
①気温推移グラフ, ②湿度グラフ, ③他のデータ表示ページのリンク,
④風速グラフ, ⑤日射量グラフ

Fig.7 Meteorological data page

7 最低気温の予測方法

吉野正敏ら (1985) は, 「最低気温の予測手法としては, 夕刻の気温, 湿球温度, 水蒸気圧, そのときまでの最高気温などをもとにし, さらに夜間の天気 (雲量) などを予想して翌朝の最低気温を求めるとというのが一般的である。」とまとめている。

本論文では, 夕刻の気象データを用いて, その時刻から最低気温起時までの気温低下量を推定するという方法をとった。具体的には 3 月であれば 16 時から最低気温起時までの気温低下量を目的変数として, 井上ら (2014) の研

究で気温低下量と相関が高いとされた気温, 相対湿度, 日射量の 3 要素を説明変数とする重回帰式により気温低下量を推定することとした。 (1) 式は 2013 年までの 3 カ年のデータから定めた重回帰式である。

$$3 \text{ 月} : Y = 0.24 \cdot T_{16} - 0.047 \cdot RH_{16} + 3.43 \cdot I_{16} + 7.06 \dots (1)$$

Y: 最低気温までの気温低下量, T: 気温, RH: 相対湿度, I: 1 時間積算日射量, 添字は時刻を表す

8 予測結果の検証

本システムによる予測がどの程度の確であるかを 2014 年 3 月の実績から見てみる。すなわち 2013 年までのデータから定めた推定式を 2014 年に適用したときの精度を検証する。Fig.8 に 16 時から最低気温起時までの気温低下量の予測値を, Fig.9 に最低気温予測値をそれぞれ実測値と合わせて示す。3 月の後半に気温低下量は予測値を大きく下回る, すなわち最低気温が予測値を上回る日が目立つが最低気温の予測値と実測値の関係を Fig.10 に示す。相関係数は $r=0.869$, 平均二乗誤差は $RMSE=2.05^{\circ}\text{C}$ となった。最低気温がマイナスのところでは $Y=X$ 直線の近くにプロットが集まっており, 凍霜害が問題となる部分だけを取り出せば推定精度は上記の数値より良いものと考えられる。

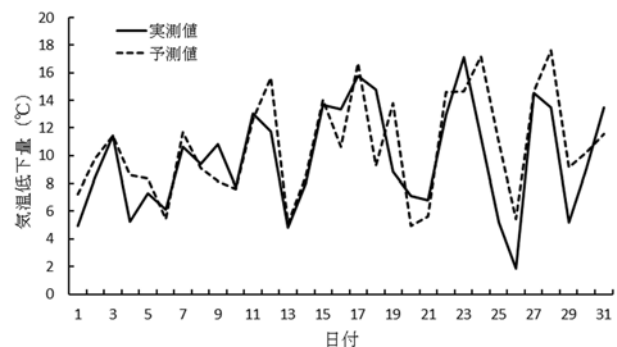


Fig.8 Temporal variation of the predicted and the measured values of the decrease from the air temperature at 16:00 on the previous to the minimum ones in the next morning (March. 2014).

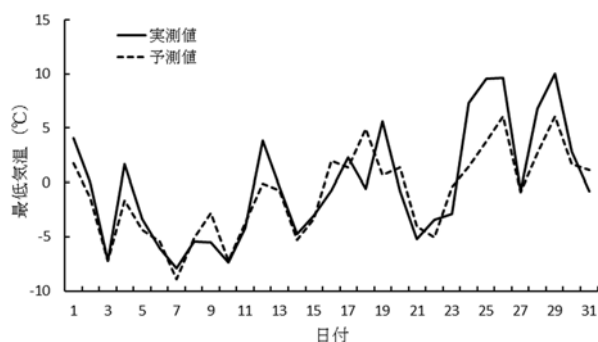


Fig.9 Temporal variation of the predicted and measured value of minimum air temperature (March, 2014).

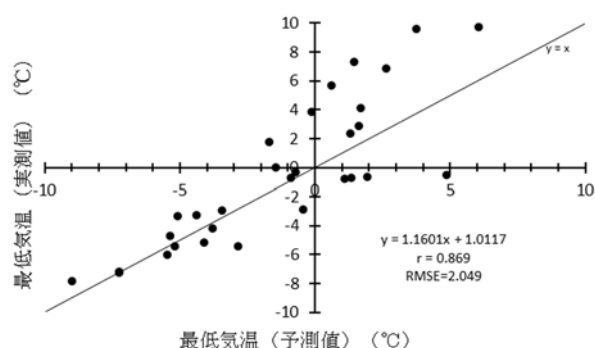


Fig.10 Comparison of the predicted and the measured values of minimum air temperature

9 おわりに

本研究では、気温、湿度、日射量等の現地での実測気象データを基に、夕方の時点で翌朝の最低気温を予測し、その結果をインターネット配信する予報システムを構築した。本論文ではそのシステムを紹介するとともに、本予報システムの的確性を2014年3月の実績から見てみた。

今後の課題として、予測方式の検討を含め、精度の向上を図ることはもちろんであるが、急速に普及してきたスマートフォンに対応したデザインに改良すること、また予測地域の拡大にも取り組みたいと考えている。

なお、以下に新見市豊永赤馬最低気温予報ウェブサイトアドレスを記しておく。

<http://akotemp.eme.okayama-u.ac.jp/akotemp-kanri/index.htm>

謝辞：現地での観測には新見市豊永の田中邦男氏をはじめ

岡山県、新見市ならびに地区の方々にお世話になった。また地図情報データは水土里ネット岡山から提供頂いた。なお本研究の一部は文部科学省科学研究費補助金（基盤研究(C)一般，課題番号 26450343，研究代表者三浦健志）の一部を利用して実施した。ここに記して関係各位にお礼申し上げる。

参考文献

- 井上雄貴・三浦健志・諸泉利嗣(2011)：傾斜地における最低気温予測方法の検討，平成23年度農業農村工学会大会講演要旨集，196-197
- 近藤純正・森 洋介(1982)：アメダス（地域気象観測所）データをを用いた夜間冷却量の解析と最低気温予報式(1)，天気，29(12)，57-69
- 鈴木義則・佐藤正一・川尻佳合(1982)：暖地の凍霜害・寒害と地形気象(1) 宇部小野茶園における最低気温分布，農業気象，37(4)，289-295
- 高山 成・早川誠而・河村宏明(1999)：霜害発生予察のための50mメッシュ地形情報を用いた局地的冷却現象の解析，農業気象，55(3)，235-246
- 吉野正敏・浅井富雄・河村 武・設楽 寛・新田 尚・前島郁雄編(1985)：気候学・気象学辞典，二宮書店，pp.742